Kondisi Arus K_1 dan M_2 di Kepulauan Tambelan

Tidal Current of K_1 and M_2 in Tambelan Archipelago

Yulius Alin ^{1*}, Arie Antasari Kushadiwijayanto ¹, Risiko ¹, Yusuf A. Nurahman¹, Shifa Herlena¹

¹Laboratorium Ilmu Kelautan FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak, Pontianak, Indonesia
*E-mail : yuliusalin@student.untan.ac.id

Received : 10 Juni; Accepted: 19 September 2020

Published: 30 Oktober 2020 © Author(s) 2020. This article is open access

Tidal current research was carried out in Tambelan Islands Waters from April 27th to May 27th 2019. This study aims to map the pattern of movement of tidal currents and current velocity using Princeton Ocean Model (POM). The model input is elevation and current obtained from the Tidal Model Driver (TMD) using the tidal components K_1 , and M_2 . Bathymetry data obtained from the digitization of the hydrography and oceanography center, Indonesia navy maps. For verification, model results data was compared with observed data. Verification results reveal that elevation and current difference between model with observed data respectively are -0,01 m and 0,039 m/s. Base on model result, tidal current at low to high tide shows movement from northeast to southwest with a maximum speed of components K_1 0,9337 m/s, M_2 0,1384 m/s. Tidal current at low to high tidal shows movement from east to south with a maximum speed of components K_1 0,5731 m/s, M_2 0,1665 m/s. Tidal current at high to low tide K_1 component shows movement from east to southwest, the M_2 component shows movement from southwest to northeast with a maximum speed of components K_1 1,4139, M_2 0,2066 m/s. tidal current at low tide shows movement from south to north but K_1 component flow eastward with a maximum speed of components K_1 1,1691, M_2 0.1766 m/s.

Keyword: POM, t.tde, Tidal, Tidal currents, Tambelan islands

Abstrak

Penelitian arus pasang surut dilakukan di Perairan Kepulauan Tambelan mulai 27 April sampai 27 Mei 2019. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan pola pergerakan arus pasang surut dan kecepatan arus menggunakan *Princeton Ocean Model* (POM). Masukan model yaitu elevasi dan arus yang diperoleh dari *Tidal Model Driver* (TMD) yang menggunakan komponen pasang surut K_1 , dan M_2 . Data kedalaman didapatkan dari hasil digitasi peta pusat hidrografi dan oseanografi TNI Angkatan laut. Untuk verifikasi, data hasil model dibandingkan dengan data pengukuran lapangan. Hasil verifikasi menunjukkan bahwa selisih elevasi dan arus hasil model terhadap data lapangan masing-masing adalah -0,01 m dan 0,039 m/s. Berdasarkan hasil model, arus pasang surut pada saat surut hingga pasang menunjukkan pergerakan dari timur laut ke barat daya dengan kecepatan maksimum komponen K_1 0,9337 m/s, M_2 0,1384 m/s. Arus pasang surut pada saat pasang menunjukkan pergerakan dari timur menuju selatan dengan kecepatan maksimum komponen K_1 0,5731 m/s, M_2 0.1665 m/s. Arus pasang surut pada saat pasang hingga surut komponen K_1 menunjukkan pergerakan dari timur ke barat daya, komponen M_2 menunjukkan pergerakan dari barat daya ke timur laut dengan kecepatan maksimum komponen K_1 1.4139, M_2 0.2066 m/s. Arus pasang surut pada saat surut menunjukkan pergerakan dari selatan ke utara namun arus komponen K_1 berbelokan kearah timur dengan kecepatan maksimum komponen K_1 1.1691, M_2 0.1766 m/s.

Kata kunci: POM, t.tde, T, arus pasang surut, kepulauan Tambelan

1. Pendahuluan

Kepulauan Tambelan merupakan gugusan pulau-pulau yang terdiri dari 56 pulau dengan 4 pulau terbesar yaitu Pulau Tambelan,

Tambelan Keci, Benua, dan Uwi. Kepulauan Tambelan merupakan kawasan yang kaya akan sumber daya perairan yang memiliki luas lautan 23.496 km² dengan luasan yang

mencapai 99,28% dari luas keseluruhan kepulauan tambelan menjadikan hasil laut sebagai penggerak perekonomian di Kepulauan tersebut. Laut sebagai penggerak perekonomian di Kepulauan Tambelan juga tidak lepas dari berbagai permasalahan sampah (*marine debris*). Menurut Lily *et al* (2017) masalah persampahan di Kecamatan Tambelan sudah dikategorikan pada taraf mengkhawatirkan.

Adibhusana *et al.* (2016) menyatakan Pola pergerakan sampah di laut mengikuti pola pergerakan arus laut. Pola pergerakan arus laut dapat diketahui berdasarkan pada karakteristik oseanografi di daerah tersebut salah satunya hidrodinamika pasang surut (pasut). Kajian hidrodinamika pasang surut di suatu wilayah Perairan dapat dilakukan dengan melalui berbagai metode diantaranya pengukuran langsung di lapangan atau melalui pengindraan jauh, cara ini cukup akurat namun memerlukan waktu, biaya dan tenaga yang banyak. Cara lain yang dapat ditempuh melalui aplikasi model numerik. Cara ini dianggap lebih efisien dari segi waktu, biaya, dan tenaga (Adibhusana *et al.*, 2016).

Model numerik yang digunakan dalam penelitian ini *pricenton ocean model* (POM). Program POM biasanya digunakan dalam penelitian oseanografi seperti prediksi pasang surut dan studi pola pergerakan arus. Studi pasut pernah dilakukan oleh susanti (2019)

dan adriani (2019) menggunakan POM untuk memodelkan pasut di Perairan Teluk Tambelan. Penelitian lain yang menggunakan POM juga dilakukan oleh Riandini dan prastyo (2010) yang mensimulasikan dinamika muara perairan semarang dengan perbandingan data pengamatan dan hasil simulasi model menunjukan tingkat kesesuaian yang cukup baik dengan kesalahan 9,4%.

Mengingat pentingnya peran dan pengaruh arus pasut serta belum pernah dilakukan pemodelan arus pasut menggunakan POM di Perairan Kepulauan Tambelan maka penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan pola arus permukaan yang dibangkitkan oleh pasut pada Perairan Kepulauan Tambelan. Peta pola pergerakan arus pasut di Perairan tersebut diperlukan sebagai bahan masukan dan informasi tambahan bagi para pengelola wilayah perairan, karena pencemaran sampah dapat berasal dari sampah yang dibawa arus laut.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Lokasi, Waktu dan Data

Penelitian dilakukan di Kepulauan Tambelan, Kecamatan Tambelan, Provinsi Kepulauan Riau, dan titik verifikasi secara geografis 00°58.30.2' Lintang Utara dan 107°32.53.9' Bujur Timur. Pengukuran elevasi

Gambar 1. Lokasi Penelitian

muka air dan arus selama 30 hari dilakukan pada tanggal 27 April sampai 27 Mei 2019 (lokasi pengukuran ditandai dengan titik merah pada (Gambar 1). Pengolahan serta analisis data dilakukan di Laboratorium Ilmu Kelautan FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak.

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer adalah data hasil pengukuran langsung berupa data arus dan elevasi. Sedangkan data sekunder adalah data arus dan elevasi hasil peramalan dari *Tidal Model Driver* (TMD), serta data batimetri hasil digitasi dari peta pushdrosal TNI AL No 281 Tahun 2010. Peta batimetri didigitasi dan diinterpolasi menggunakan metode IDW.

Data arus dan elevasi diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan layang-layang arus dan papan pasut. Proses pengamatan arus dan pasut dilakukan dengan interval 1 jam, selama 30 hari. Data hasil pengukuran kemudian dianalisis menggunakan Metode least square, dengan program *t_tide*. Analisis harmonik menghasilkan nilai amplitudo dan fase, yang digunakan sebagai verifikasi hasil model.

2.3. Desain Model

Daerah model penelitian adalah perairan Kepulauan Tambelan seperti yang terlihat pada Gambar 1. Daerah model dibuat dengan grid dalam sistem koordinat kartesian (x, y) yang meliputi seluruh perairan Kepulauan Tambelan. Luas daerah model 3.387,24 km² dibagi menjadi 291 x 291 grid dengan lebar grid $\Delta x = \Delta y = 200$ meter. Kedalaman maksimum daerah model mencapai 70 Meter maka langkah waktu (*time step*) yang memenuhi stabilitas *Courant-Friedrichs-Levy* (CFL) 3 detik. Simulasi model Hidrodinamika dijalankan selama 30 hari.

Untuk memenuhi kriteria stabilitas CFL dalam persamaan momentum dengan berdasarkan pada kedalaman maksimum dan lebar sel maka didapatkan waktu dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta t \leq \frac{\Delta L}{\sqrt{(2gH_{maks})}}$$

$$\Delta t \leq 5 \text{ detik} \quad (1)$$

Dimana :

ΔL : Lebar sel = $\Delta x = \Delta y$

H_{maks} : kedalaman maksimum perairan daerah model.

g : percepatan gravitasi bumi.

Syarat batas yang digunakan pada model ini meliputi syarat batas terbuka sebagai masukan model yaitu data elevasi dan arus arah (u, v) hasil dari TMD, sedangkan data suhu diberi nilai 30°C dan nilai salinitas 33‰, nilai suhu dan salinitas dianggap sama disetiap grid karena tidak meninjau pengaruh suhu dan salinitas terhadap arus pasut. Pada syarat batas tertutup (darat) diterapkan (u, v, η)=0, untuk mempermudah proses perhitungan pada daerah dengan kedalaman 0 (darat). Data arus pasut dianalisis untuk mendapatkan arah dan kecepatan arus komponen K_1, O_1, M_2 dan S_2 .

Verifikasi model dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh model mampu mendekati data hasil pengukuran lapangan. Model dijalankan selama 30 hari. Simulasi arus pasut selama 3 (tiga) hari pertama digunakan sebagai spin up dan hasil simulasi 27 hari terakhir dianalisis menggunakan *t_tide* untuk mendapatkan arah dan kecepatan arus pasut dari komponen utama (K_1, O_1, M_2 dan S_2). Data observasi meliputi data kecepatan arus dan pasang surut.

2.4. Persamaan Pembangunan

Penelitian ini menggunakan program POM untuk memodelkan arah dan kecepatan arus pasut komponen K_1 dan M_2 . Penelitian ini menggunakan model 2-dimensi (2D) merupakan model eksternal POM, yang digunakan untuk memperoleh nilai arah dan kecepatan arus pasut yang dirata-ratakan terhadap kedalaman. Persamaan model eksternal POM adalah:

Persamaan kontinuitas :

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u}D}{\partial x} + \frac{\partial \bar{v}D}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

Persamaan momentum dalam arah x dan y:

$$\frac{\partial uD}{\partial t} + \frac{\partial u^2D}{\partial x} + \frac{\partial uvD}{\partial y} - F_x - f\bar{v}D + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} = \frac{\tau_x}{\rho\omega} - C_D u(u^2 + v^2) = \quad (3)$$

$$\frac{\partial vD}{\partial t} + \frac{\partial \bar{u}\bar{v}D}{\partial x} + \frac{\partial v^2D}{\partial y} - \bar{F}_y - f\bar{u}D + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} = \frac{\tau_y}{\rho\omega} - C_D v(u^2 + v^2) = \quad (4)$$

Dimana $D = H + \eta$ dengan t menyatakan waktu, $\bar{u}$ dan $\bar{v}$ menyatakan arus dalam arah x

Gambar 3. Verifikasi elevasi dan arus

Tabel 1. Perbandingan amplitudo dan fase pasut hasil model dan pengukuran

Komponen		Amplitudo dan Fase		
		Observasi	Model	Selisih
O ₁	Amplitudo	25	25	0
	Fase(°)	15	250	125
	Arus(m/s)	0.01	0	0.01
K ₁	Amplitudo	22	26	4
	Fase(°)	57	300	117
	Arus(m/s)	0.01	0.01	0
M ₂	Amplitudo	10	26	16
	Fase(°)	104	200	96
	Arus(m/s)	0.01	0	0.01
S ₂	Amplitudo	7	7	0
	Fase(°)	122	200	78
	Arus(m/s)	0	0	0

dan y yang dirata-ratakan terhadap kedalaman yang didefinisikan sebagai berikut:

$$\bar{u} \equiv \int_{-1}^0 u d\sigma \equiv \int_{-1}^0 v d\sigma = \int_{-1}^0 v d\sigma, -\langle wu(0) \rangle \quad (5)$$

$v d\sigma$ dan $\langle wv(0) \rangle$ adalah komponen gesekan angin dasar, H adalah kedalaman peraran. Dan H menyatakan kedalaman peraran, η adalah elevasi permukaan laut, g adalah percepatan gravitasi, f adalah gaya Coriolis, F_x dan F_y adalah suku difusi viskositas horizontal dalam arah x dan y .

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Verifikasi Model

Hasil simulasi model hidrodinamika memberikan informasi tentang Pasang surut dan kecepatan arus pasut perairan Kepulauan Tambelan. Dalam hal ini hasil berupa elevasi

dan kecepatan arus pasang surut diverifikasi dengan data pengamatan lapangan yang dapat dilihat pada (Gambar 3). Data hasil pengukuran lapangan meliputi data kecepatan arus dan pasang surut selama 30 hari. Hasil simulasi model arus dan pasut dengan data pengukuran di lapangan secara umum menunjukkan pola grafik naik turun yang hampir sama dengan rata-rata selisih elevasi - 0.01 m dengan nilai RMSE 0.17 m (17 cm). Sementara selisih rata-rata arus yaitu 0.00 m/s. Dapat dilihat dari Gambar 3 Grafik pasut (a) arus (b) dimana grafik berwarna biru merupakan data pengukuran lapangan dan grafik berwarna merah data hasil model.

3.2. Arus Pasut

Pemodelan yang dilakukan selama 30 hari dengan model hidrodinamika *Princeton Ocean Model* (POM). Hasil pemodelan berupa nilai-nilai kecepatan arus arah u dan v yang

Gambar 4. Arus hasil model komponen K1: (a) menuju pasang, (b) pasang, (c) menuju Surut, (d) Surut

dibangkitkan oleh pasang surut kemudian diplot dalam bentuk gambar, seperti yang terlihat pada Gambar 4 (komponen K_1) dan Gambar 5 (komponen M_2). Nilai hasil model dapat dilihat pada Tabel 2.

Pola arus K_1 saat menuju pasang (Gambar 4 a) sebagian besar arus bergerak dari Utara menuju Selatan dan bertemu dengan arus yang bergerak dari Timur sehingga arus dari Timur Pulau mengalami pembelokan menuju ke arah Selatan Pulau dan mendapatkan tambahan kecepatan dari arus Utara sehingga arus di Tenggara Pulau Tambelan mengalami peningkatan dengan kecepatan maksimum 0.93 m/s. Pada saat pasang (Gambar 4 b) arus bergerak dari Timur mengalami pembelokan ke Selatan, pada keadaan ini rata-rata arus disemua Perairan Kepulauan Tambelan memiliki kecepatan yang cukup tinggi dengan kecepatan maksimum 0.57 m/s, dan pada saat menuju surut (Gambar 4 c) arus bergerak dari Timur mengalami pembelokan menuju Barat daya dengan kecepatan maksimum 1.41 m/s pada keadaan ini arus yang berada di Barat daya tepat disisi Pulau membentuk pusaran

(*downwelling*) menurut Furqon (2006) arus *downwelling* terjadi karena adanya penumpukan massa air dilapisan permukaan yang harus dialirkan kelapisan dalam, sedangkan pada saat surut (Gambar 4 d) arus bergerak dari Selatan dan mengalami pembelokan ke arah Timur yang didominasi oleh kecepatan arus yang cukup tinggi dengan kecepatan maksimum 1.16 m/s. Pola arus M_2 saat menuju pasang (Gambar 5 a) sebagian besar arus bergerak dari Timur laut menuju Barat daya dengan kecepatan maksimum 0.13 m/s, Pada keadaan ini arus relatif tidak memiliki perbedaan kecepatan yang tinggi. Pada saat pasang (Gambar 5 b) arus bergerak dari Utara menuju Selatan dengan kecepatan arus 0.16 m/s, dan pada saat menuju surut (Gambar 5 c) arus bergerak dari Barat daya menuju Timur laut dengan kecepatan maksimum 0.20 m/s sedangkan pada saat surut (Gambar 5 d) arus bergerak menuju Utara dengan kecepatan maksimum 0.17 m/s.

Hasil K_1 dan M_2 menunjukkan pola pergerakan arus yang berbeda di setiap keadaan sesuai dengan pernyataan Isty

Gambar 5. Arus Hasil Model Komponen M₂: (a) menuju pasang, (b) pasang, (c) menuju Surut, (d) Surut

Tabel 2 Kecepatan arus pasang surut

Komponen	Kecepatan Arus (m/s)			
	Menuju Pasang	Pasang	Menuju Surut	Surut
Maksimum	0,9337	0,5731	1,4139	1,1691
Rata-Rata	K1	0,6022	1,4392	1,2084
Minimum		0,0583	0,0506	0,0787
Maksimum	M2	0,1665	0,2066	0,1766
Rata-Rata		0,1735	0,2275	0,1954
Minimum		0,0141	0,0418	0,0376

(2017) Pola arus dipengaruhi oleh kedalaman perairan dimana perairan yang lebih dangkal akan menyebabkan elevasi yang lebih tinggi sehingga menciptakan kecepatan arus yang

lebih tinggi dibandingkan perairan dalam. Pada saat arus melewati selat diantara pulau kecepatan arus permukaan laut. Jika permukaan laut mempunyai kemiringan, maka

akan terdapat gradien tekanan horizontal sehingga massa air cenderung mengalir dari tekanan tinggi ke rendah (Steward, 2003).

4. Kesimpulan

Pola arus di Perairan Kepulauan Tambelan saat menuju pasang pada umumnya bergerak dari Timur laut menuju Barat daya dengan kecepatan maksimum komponen K_1 0.9337 m/s, M_2 0,1384 m/s. Saat pasang tertinggi arus bergerak dari Utara menuju Selatan dengan kecepatan maksimum komponen M_2 0.1665 m/s, sedangkan komponen K_1 arus dari Barat mengalami pembelokan kearah Selatan dengan kecepatan maksimum 0.5731 m/s. Saat menuju surut arus komponen K_1 dari Timur mengalami pembelokan menuju Barat daya dengan kecepatan maksimum 1.1139 m/s, komponen M_2 arus bergerak dari (a) arat daya menuju Timur laut dengan kecepatan maksimum 0.2066 m/s. saat surut terendah arus pada umumnya bergerak dari Selatan ke Utara namun pada komponen K_1 arus mengalami pembelokan ke arah Timur dengan kecepatan maksimum K_1 1.1691 m/s, M_2 0.1766 m/s.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih banyak atas bantuan dana DIPA FMIPA Universitas Tanjungpura Pontianak Tahun anggaran 2019 yang telah memfasilitasi penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Adibhusana, M.N.; Hendrawan dan Gede, I.W., 2016. Model Hidrodinamika Pasang Surut di Perairan Pesisir Barat Kabupaten Badung, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. Vol 2 No 2 Hal 54-59.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Bintan, 2017. Kecamatan Bintan Dalam Angka 2017; hal 2:4.
- Furqon, A.M., 2006, Gerak Air di Laut, *Jurnal Oseana*, Vol 31 No 4
- Isty, 2017, Pola Arus Pasang Surut Kondisi Surut Perbani Di Selat Rupat Provinsi Riau, Fakultas Perikanan Dan Kelautan Universitas Riau.
- Lily N, I.; Nazaki. dan Uly, S., 2017. Evaluasi Penanganan Sampah di Desa Kukup Kecamatan Tambelan Kabupaten Bintan,

Program Studi Ilmu Pemerintahan Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Maritim Raja Ali Haji.

Rahmawitri, H.; Saleh, A.A dan Sukoraharjo, S.S 2017, Pola Sirkulasi dan Variabilitas Arus di Perairan Selat Sunda, *Jurnal Kelautan Nasional*, Vol 11, No 3.

Stewart RH, 2003, *Introduction to Physical Oceanography*, Department of Oceanography, Texas & M University.